

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
Hornicko-geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**VÝVOJ BEZPEČNOSTI PROCESU PRACOVNÍHO CYKLU
DEMPRU**

**DEVELOPMENT OF PROCESS SAFETY FOR OPERATING
CYCLE OF DUMP TRUCK**

diplomová práce

Autor:

Bc. Miroslav Janega

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Seidl

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miroslav Janega**
Studijní program: N2111 Hornictví
Studijní obor: 2101T008 Hornické inženýrství
Téma: **Vývoj bezpečnosti procesu pracovního cyklu dempru**
Development of process safety for operating cycle of dump truck

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Význam a metodiky vývoje bezpečnosti procesů
2. Využití procesní FMEA k analýze bezpečnostních rizik v kolové dopravě
3. Tvorba bezpečnostní FMEA pro pracovní cyklus stroje
4. Zhodnocení účinnosti použité metodiky

Závěr

Rozsah práce: 30 - 35 stran textu, 5 - 10 grafických příloh

Seznam doporučené odborné literatury:

VANĚK, A.: *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. 1.vyd. Praha: Akademie věd České republiky, 2003, 526 s., ISBN 80-208-1045-9.


GONDEK, Horst; ŠEVČÍK, Arnošt: *Těžební a zpracovatelské stroje I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006 - 128 s. : il. ISBN 80-248-1040-9 (brož.).

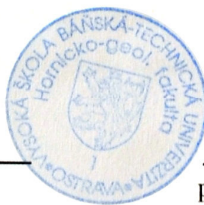
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

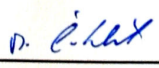
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Seidl**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014


prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.
vedoucí institutu

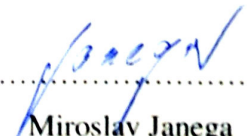



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 29.4.2014


.....
Miroslav Janega

Summary

Basic goal of each company is creating at least the minimal profit. In order to keep competitiveness the companies are pressed to produce own products cheaply and in better quality included compliance with legislative requirements. This fact opened space for development of methods that can help to meet these requirements. One of the preventive methods leading to competitive product already in development phase is Failure mode and effects analysis FMEA. In this thesis FMEA method is described in detail and abnormally used for development of process safety for road transportation on quarries in projection period. The main goal of thesis is evaluation of FMEA efficiency in area of process safety as alternative to conventional methods. In general this thesis can be used as systematic direction for safety development in other areas of mining industry.

Keywords: FMEA, safety, dump truck, transportation

Anotace

Základním cílem každého podniku je vytváření alespoň minimálního zisku. Pro udržení konkurenceschopnosti jsou podniky nuceny produkovat své výrobky levněji a kvalitněji za dodržení legislativních požadavků. Tato skutečnost otevřela prostor pro vývoj metod, které ke splnění uvedených požadavků pomáhají. Jednou z preventivních metod vedoucí ke konkurenceschopnému výrobku již ve fázi jeho vývoje je Analýza možností vzniku vad a jejich následků, metoda známá pod zkratkou FMEA. V této práci je metoda podrobněji popsána a aplikována nestandardně na vývoj bezpečnosti procesu kolové dopravy na povrchových dolech ve fázi projekce nové těžby. Hlavním cílem práce je zhodnocení účinnosti metody FMEA v oblasti procesní bezpečnosti jako alternativa ke konvenčním způsobům. Obecně může tato práce sloužit jako určitý návod na metodický přístup při vývoji bezpečnosti v ostatních oblastech hornictví.

Klíčová slova: FMEA, bezpečnost, dempr, doprava

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Význam a metodiky vývoje bezpečnosti procesů.....	2
2.1. Systémová BOZP.....	3
2.2. Metoda HAZOP.....	4
2.3. Analýza stromu poruchových stavů.....	4
2.4. Metoda BOMECH.....	5
2.5. Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků.....	6
3. Využití procesní FMEA k analýze bezpečnostních rizik v kolové dopravě.....	10
3.1. Nehodovost v kolové dopravě při povrchové těžbě.....	10
3.2. Předpoklady pro efektivní využití FMEA.....	11
3.3. Problematika hodnocení rizik metodou FMEA.....	13
4. Tvorba bezpečnostní FMEA pro pracovní cyklus stroje.....	15
4.1. Nakládání hornin.....	15
4.2. Doprava hornin.....	19
4.2.1. Projekce báňských dopravních cest.....	23
4.2.2. Báňské bezpečnostní stavby.....	24
4.2.3. Rozvoj zaměstnanců v oblasti bezpečnosti.....	24
4.3. Práce na výsypce.....	26
5. Zhodnocení účinnosti použité metodiky.....	27
5.1. Časová a ekonomická náročnost FMEA.....	27
5.2. Zhodnocení přípravy a postupu provádění FMEA.....	28
5.3. Definice a účinnost nápravných opatření.....	29
6. Závěr.....	31

Seznam použitých zkratk

České zkratky

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ČBÚ	Český báňský úřad

Cizojazyčné zkratky

MSHA	Mine Safety and Health Administration
------	---------------------------------------

1. Úvod

Primárním cílem každého podnikání je vytvoření zisku a to bez ohledu na obor, ve kterém působí. Část společností se z tohoto důvodu dopouští zásadní podnikatelské chyby. Již na počátku podnikání se snaží o extrémní minimalizaci nákladů. Jedná se o přirozený přístup, který však může vyústit v nefunkční či neefektivní procesy a tím k dodatečným vícenákladům nebo v krajním případě nekonkurenceschopnosti a krachu takové společnosti. Naneštěstí je často nastavování a zajištění bezpečnosti jedním z procesů, který bývá z uvedeného důvodu zanedbáván.

Vzhledem k tomu, že zajištění bezpečnosti je procesem ovlivňujícím bezpečnost samotných zaměstnanců, vstupuje do něj stát s řadou zákonných ustanovení. Podnik tak musí na tyto požadavky reagovat a v případě správného přístupu projevit vlastní iniciativu pro zajištění bezpečnosti nad rámec legislativy. Především vlastní přístup podniku ovlivňuje skutečnou míru úspěchu v boji proti nehodovosti. Je zřejmé, že finanční náklady na takové zajištění bezpečnosti mohou být velmi vysoké. Z tohoto důvodu je výhodné zařadit detailní nastavování bezpečnosti již do fáze projektu nového podniku a předpokládané návrhy tak konfrontovat s jeho ostatními částmi. V posledních 20-ti letech se na tuto fázi klade stále větší význam. Snahou je řešit otázky bezpečnosti systémově za pomoci specializovaných preventivních metodik. Ty slouží k odhalování rizik a jejich posuzování z hlediska významu, pravděpodobností výskytu a odhalitelnosti. Následně jsou identifikovány nejrizikovější příčiny možných nehod a k nim jsou přednostně navrhovány opatření, které rizika snižují na přijatelnější úroveň. Na tomto principu funguje většina metod. Omezením běžného používání těchto metod je nízká nebo žádná praktická znalost provádění těchto analýz. Především v útlumovém hornictví ČR, kde v posledních 25-ti letech nedochází k významnější obměně zaměstnanců a především k otvírce nových ložisek nerostných surovin, je využívání moderního metodického přístupu v oblasti vývoje bezpečnosti značně omezeno. Systematický vývoj bezpečnosti lze tak nalézt pouze u nejvýznamnějších těžebních společností. Tato práce má v úvodu ambice určit současné postavení vývoje bezpečnosti podnikových procesů obecně a později představit systematické metody pro vývoj bezpečnosti v rámci projekce kolové dopravy na povrchových dolech. V rámci metod je podrobněji popsána metoda FMEA, pomocí které je analyzován konkrétní proces. V závěru práce je zhodnocena účinnost této metody.

2. Význam a metodiky vývoje bezpečnosti procesů

Povinnost zajištění a neustálého zvyšování bezpečnosti zaměstnanců je v České republice zákonnou povinností, kterou zaměstnavatelům předepisuje Zákoník práce 262/2006 Sb. Zvyšování bezpečnosti můžeme rozdělit do dvou základních přístupů dle fáze životnosti podniku:

- preventivní/prediktivní eliminace a snižování rizik v období projekce podniku,
- preventivní/ prediktivní eliminace a snižování rizik v období fungování podniku.

Dle mého názoru je zásadní fází procesu nastavování bezpečnosti právě období projektu nového podniku. V tomto období jsou plánovaná bezpečnostní opatření posuzována vzhledem ke strojům, technologiím a procesům, které se plánují použít k realizaci daného záměru. V této fázi je možné konfrontovat všechny oblasti projektu s nastavením bezpečnostních opatření. Tento fakt zásadně ovlivňuje budoucí úspěch v boji proti bezpečnostním rizikům. Správný projekt bezpečnosti je výhodný i z ekonomického hlediska, protože zásadním způsobem může snížit pozdější mimořádné náklady, které bývají investovány jako reakce na nastalé nehodové události. Ve fázi projekce podniku je nastavování bezpečnosti shrnuto pojmem prevence rizik. Pojmem prevence rizik se podle zákona 262/2006 Sb. §101 odstavce 2 rozumí:

- opatření vyplývající z právních a ostatních předpisů,
- opatření vyplývající ze snahy zaměstnavatele předcházet rizikům.

Je nutné si uvědomit, že právní požadavky na zajištění bezpečnosti ukládané podnikatelským subjektům jsou omezeny na obecné oblasti, kterými jsou typicky např. požární ochrana či nakládání s nebezpečnými látkami. Oblasti specifické pro konkrétní průmysl jsou řešeny vyhláškami, které jsou také právně závazné. V oblasti hornictví v České republice řeší zajištění bezpečnosti především:

- vyhláška ČBÚ 22/1989 sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí,

- vyhláška ČBÚ 26/1989 sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu.

Základním cílem organizace je tedy již ve fázi projekce nového podniku naplnění bezpečnostních požadavků napříč celou hierarchií existujících právních předpisů. Hlavním cílem vývoje bezpečnosti procesů je potom naplnění těchto předpisů vhodně se všemi ostatními oblastmi projektu.

2.1. Systémová BOZP

Otázka bezpečnosti a ochrany zdraví při práci však nemůže být chápána pouze jako naplnění uvedené legislativy. Od roku 1989 se výrazně mění přístup k chápání pojmu bezpečnosti zaměstnanců. Zavádí se nový pojem – tzv. systémová BOZP. Ta staví BOZP jako součást systému na nejvyšší příčku priorit organizace a ovlivňuje tak její ostatní části. Úspěšnost BOZP tak není ovlivňována pouze snahou bezpečnostního technika, ale je otázkou celého managementu podniku a hlavně samotných zaměstnanců. Z dřívějšího přístupu zaměřeného na zabezpečení technické bezpečnosti se stává komplexní systém, do kterého patří mimo jiné např. pracovní prostředí či sociální ochrana. Je nutné si uvědomit, že tento přístup přináší samotnému zaměstnavateli výhody v podobě menších či žádných úhrad nemocenských dávek, ochrany před snížením konkurenceschopnosti či zvyšování nákladů na reaktivní opatření. Lze říci, že tvorba systému BOZP je v současnosti dána ze 70% legislativními požadavky. Další 30% je tvořena procedurou vyhledání a vyhodnocení rizik při práci. Právě kvůli zvyšujícím se nárokům na řízení systémů bezpečnosti byly a dále intenzivně jsou vyvíjeny nástroje pro jejich zvládnutí. Tyto nástroje řeší následující oblasti:

- analýza rizik
 - o identifikace nebezpečných jevů
- hodnocení rizik
- regulování rizik

K identifikaci nebezpečných jevů byly vyvinuty např. dotazníkové metody, které se snaží definovat rizika odpověďmi na vhodné otázky. Jedná se o nejrozumnější kontrolní listy např.

metodu „Co se stane, když?“. Uvedené metody jsou nejjednodušší a patří do kategorie pomocných.

2.2. Metoda HAZOP

Již komplexnější rozšířenou metodou je dále Analýza nebezpečí a provozuschopnosti tzv. HAZOP. Dle definice se jedná o systematickou identifikaci nebezpečných popř. havarijních stavů složitých provozních zařízení včetně prověření stávajících bezpečnostních funkcí a formulace opatření snižující míru rizika [5]. Tato metoda je určena pro rozbor složitých technických systémů. V rámci této analýzy je analyzovaný systém nejprve popsán a poté jsou jednotlivým funkcím systému přiřazovány možné odchylky pomocí vodících slov. V aplikaci na hornictví může být tato metoda použita např. k analýze rizik komplexních odvodňovacích systémů, kdy se v rámci provádění HAZOP můžeme ptát, co je příčinou a co se stane, když jsou výkony jednotlivých čerpadel nižší nebo vyšší (vodící slova) než jejich původně navrhované výkony. Takovým rozbohem získáváme představu o možných příčinách a následcích, na základě kterých se již v rámci této metody stanovují bezpečnostní opatření, pokud je to relevantní. HAZOP je tak vhodným nástrojem pro technický návrh jakýchkoliv i velmi složitých systémů. Metoda nehodnotí míru výsledných rizik. Lze si jen těžko představit, že je tato metoda využitelná pro vývoj bezpečnosti procesu kolové dopravy a vzhledem k tomu pro tuto práci nezajímavá.

2.3. Analýza stromu poruchových stavů

Další metoda určená k analýze rizik je Analýza stromu poruchových stavů FTA. Patří mezi metody preventivní a tedy mezi metody vhodné pro nastavování bezpečnosti ve fázi vývoje celého podnikatelského projektu. Cílem metody je grafické vyjádření všech možných příčin a jejich kombinací, které jsou důsledkem nehody definované na nejvyšší úrovni stromu, které chceme touto analýzou zabránit. V systému zohledňuje vady technologií, strojů či chyby způsobené lidským faktorem. Při samotné tvorbě FTA se jako první definuje nežádoucí problém. Tím může být např. pád vozidla ze svahu či kolize vozidel na křižovatce. Problému se do nižších úrovní stromu přiřazují všechny možné příčiny, které sami nebo jejich kombinacemi popisují sled událostí, které vedou ke vzniku tohoto

problému. Jedná se o metodu analýzy prováděnou tzv. shora dolů. Jednotlivým příčinám se odhadují pravděpodobnosti, které se mezi sebou sčítají podle domluvených pravidel ke stanovení celkové pravděpodobnosti vzniku nežádoucího problému.

Dle mého názoru je tato metoda velmi povedeným příspěvkem v oblasti analýzy rizik. Schematický způsob zpracování stromu FTA je velmi přehledný pro rozvoj příčin až do nejnižších úrovní. Metoda může být vzhledem k uvedenému mimo jiné i vhodným doplňkem k ostatním metodám. Hodnotnou informací může být i výsledná pravděpodobnost výskytu nežádoucí události. Její vysoký význam spočívá v tom, že se jedná o číselnou hodnotu vypočítanou z dílčích pravděpodobností jednotlivých příčin. Metodě FTA se podrobně věnuje norma ČSN IEC 1025 (01 0676).

2.4. Metoda BOMECH

Posledním nástrojem k analýze rizik, který bych chtěl v rozsahu této kapitoly zmínit, je metoda BOMECH. Jedná se stejně jako v případě HAZOP o tabulkovou metodu. Využití nachází především ve vyhledávání rizik na konkrétních pracovištích. Jedná se o týmovou práci nejméně tří odborníků. Čím je počet členů vyšší, tím je celkové hodnocení přesnější. Členové samostatně a přímo na pracovištích vyhledávají nebezpečné činitele a zdroje rizik. Získané informace evidují pro budoucí hodnocení v rámci vytvořené znalostní databáze. Úroveň výsledné nebezpečnosti je závislá na celkově deseti faktorech, mezi které patří např.:

- odhadovaný možný následek ohrožení,
- počet současně ohrožených osob,
- možnost existence nebezpečného místa,
- doba, po kterou je člověk v poli rizika za rok,
- možnost obranné reakce apod.

Každá z uvedených metod nachází uplatnění v různých oblastech posuzování bezpečnosti, ať už se jedná o analýzu rizik strojů, technologií, procesů či pracovních postupů. Společným jmenovatelem těchto nástrojů je systematický přístup. Metody jsou vyvíjeny odbornými ústavy a metodika provádění jednotlivých analýz je přesně definována normami většinou mezinárodního významu. V České republice je zatím v používání

uvedených metod nejednotnost a české firmy se potýkají s nedostatkem odborníků na provádění analýz uvedenými metodami.

2.5. Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků

Jedním z nástrojů, který je možný použít pro analýzu bezpečnosti procesu je FMEA (z ang. Failure Mode and Effects Analysis). Mezinárodní norma ČSN EN 60812 překládá původní anglický název jako Analýza způsobů a důsledků poruch. Mezi českými odborníky je však pro FMEA rozšířen název Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků popř. obdobný název. V české literatuře se můžeme setkat se všemi uvedenými variantami překladů.

Důvodem pro provádění FMEA při vývoji bezpečnosti procesu mohou být:

- zákonné požadavky pro zajištění bezpečnosti provozu,
- doporučení všeobecnými a oborovými normami pro zajištění bezpečnosti provozu,
- požadavek zákazníka, pokud je organizace dodavatelem,
- vlastní zodpovědnost organizace za zajištění bezpečnosti svých zaměstnanců,
- snížení nákladů na budoucí změny již ve fázi projektu,
- image organizace u veřejnosti,
- výsledky analýzy mohou být argumentem organizace v případě soudních sporů.

FMEA nepatří mezi typické nástroje pro analýzu bezpečnostních rizik. Uplatnění nachází především ve dvou oblastech a to v analýze návrhů výrobků a analýze procesů. Tvorba designové FMEA je téměř nedílnou součástí návrhu a konstrukce nového výrobku ve kterémkoliv průmyslovém odvětví. Procesní FMEA nachází uplatnění v oblasti vývoje jakýchkoliv procesů ve stejném rozsahu využití.

Za vývojem tohoto analytického nástroje stojí americký Národní úřad pro letectví a kosmonautiku NASA, který FMEA použil pro potřeby projektu Apollo v 60. letech minulého století. Uvedenou metodiku odhalování rizik převzal kolem roku 1965 letecký průmysl a později jaderná technika. Samostatnou kapitolou je potom aplikace metodiky v automobilovém průmyslu. Poprvé byla FMEA použita společností Ford v roce 1977 za účelem preventivního zajištění jakosti při výrobě svých automobilů. Od té doby se její použití rozšířilo v rámci automobilového průmyslu do celého světa. Dnes je tato metoda popsána a vyžadována světově nejvýznamnějšími oborovými normami automobilového

průmyslu, americkou QS-9000 a německou VDA. FMEA se v posledním desetiletí rozšířila i do netechnických oblastí. [4]

Tato práce je věnována vývoji bezpečnosti procesu s použitím této metody. Cílem provádění FMEA je odhalit všechna potencionální nebezpečí procesů a to již ve fázi jejich vývoje. Konkrétně je metoda FMEA založena na analýze smyšlených, avšak reálných rizik, která mohou při budoucí aplikaci procesu nastat. Tato rizika se poté bodově hodnotí z hlediska tří ukazatelů, kterými jsou:

- význam rizika B,
- pravděpodobnost výskytu rizika A,
- pravděpodobnost odhalení rizika E.

Každý z ukazatelů je hodnocen v bodovém rozsahu 1-10, kde nízké bodování znamená žádné nebo zanedbatelné riziko, které roste s rostoucím hodnocením. Způsobu bodování jednotlivých parametrů je věnována samostatná kapitola této práce. Výsledkem samotného hodnocení jsou tedy tři čísla, která se mezi sebou násobí a výsledná hodnota je definována jako kritické číslo procesu RPZ, tedy:

$$\text{kritické číslo procesu RPZ} = B \times A \times E$$

Výsledná hodnota kritického čísla každého z dříve definovaných rizik je poté využita k dalšímu vyhodnocení. Nejčastějším postupem je sestavení tzv. Paretova diagramu, který třídí rizika s nejvyššími rizikovými čísly sestupně k nejméně rizikovému. Podle Paretova pravidla 80/20 se určí rizika (nejčastěji kolem 20% z celkového počtu definovaných rizik), která tvoří 80% následků, v našem případě nehod. Na tuto skupinu je následně soustředěna pozornost. Vhodnými opatřeními se členové FMEA týmu snaží snížit původní hodnoty jednotlivých ukazatelů a tím dosáhnout snížení kritického čísla na přijatelnější úroveň. Po návrhu a implementaci nápravných opatření vedoucí ke snížení rizikových čísel původně nejrizikovějších procesů se opětovně provede Paretova analýza. Z analýzy se určí aktuálně nejrizikovější procesy a postup se opakuje. Jedná se tedy o uzavřený cyklus. V případě dodavatelské organizace je často nejvyšší přípustná hodnota rizikového čísla stanovena zákazníkem.

Z uvedeného je patrné, že analýza FMEA je metodika poskytující prostor pro neustálé zlepšování resp. snižování míry rizik řešených procesů. Správným přístupem organizace je

opakující se analýza FMEA po celou dobu životnosti procesu. Nejvýznamnější je však tato analýza již ve fázi vývoje procesu. Je tomu tak protože správnou analýzou je možné odhalit bezpečnostní nedostatky v navrhovaných technologiích a postupech a tím předejít mimo jiné i dodatečným finančním nákladům na úpravu či změnu původního návrhu.

Při volbě použití metodiky FMEA je vhodné dodržovat následující postupy:

- Vytvoření struktury procesu jeho rozdělením na systémové prvky
 - o důležité pro komplexní přehled činností analyzovaného procesu
 - o využití metodiky 4M (člověk, stroj, materiál, prostředí) pro definici nejnižších systémových prvků
- Definice funkcí systémových prvků
- Přiřazení možných příčin a následků vad těmto funkcím
- Vytvoření hodnotících tabulek pro jednotlivé parametry
 - o velmi důležitá fáze tvorby FMEA, mohou být stanoveny určité kombinace hodnocených parametrů, které jsou nepřijatelné i při nižším výsledném rizikovém čísle
- Samotné hodnocení

Tvorba hodnotné FMEA je skupinová práce. Tým je složen z odborníků na řešenou oblast. V případě analýzy bezpečnosti procesu pracovního cyklu kolové dopravy na lomu ve fázi vývoje by se mělo jednat o funkce:

- geomechanik, bezpečnostní technik, projektový inženýr, vedoucí pracovník dopravy
- řadový zaměstnanec z příslušného provozu, nejlépe zkušený řidič dopravního stroje (jeho praktické zkušenosti přináší často cenné argumenty proti stávajícímu plánu)

Důležité je jmenování tzv. moderátora FMEA, jehož úkolem je svolávat FMEA porady a hodnotit vývoj analýzy. Moderátor nemá být přímo zapojen do řešení. Měl by mít od řešených situací odstup a měl by pouze dohlížet nad správnou metodikou provádění FMEA.

V tabulce 1 je zobrazen jeden z příkladů hodnocení bezpečnosti části vyvíjeného procesu zanesený do typického formuláře pro FMEA. V příkladu bylo identifikováno riziko převrácení dempru při průjezdu jedné ze zatáček dopravní trasy. Při analýze se uvažují

původně projektované geometrické parametry zatáčky. Význam rizika byl ohodnocen známkou 10, která odpovídá až fatálnímu následku pro řidiče dempru. Možným projevem tohoto rizika byla určena viditelně nízká stabilita dempru při průjezdu zatáčkou při plánované rychlosti. Členové FMEA týmu stanovili za možnou příčinu nedostatečný poloměr zakřivení zatáčky a definovali dvě možná opatření ke snížení rizika převrácení. Prvním možným opatřením může být vybudování příčného úklonu v zatáčce pro kompenzaci odstředivé síly. Pravděpodobnost výskytu rizika při tomto opatření ohodnotili známkou 5. Problematice systematickosti bodování je věnována další část této práce, předběžně však lze definovat známku 5 jako reálnou hrozbu občasného výskytu. Dalším možným opatřením je zvětšení poloměru zakřivení zatáčky. Tento zákrok je hodnocením známkou 3 dle členů týmu FMEA vhodnější. Opatřením k odhalení rizika je v obou případech opatření k zamezení provedení testu stability demprů za uvedených podmínek. Hodnocení definovaného způsobu odhalení je 2. Výsledkem jsou tedy dvě riziková čísla RPZ rozdílná v návrhu opatření:

$$RPZ (1.návrh) = B \times A \times E = 10 \times 5 \times 2 = 100,$$

$$RPZ (2.návrh) = B \times A \times E = 10 \times 3 \times 2 = 60.$$

Z porovnání rizikových čísel je zřejmé, že členové FMEA týmu považují zvětšení poloměru původně plánované zatáčky za efektivnější z hlediska bezpečnosti.

Tabulka 1 - Příklad formuláře pro FMEA

Možný následek rizika	B	Možný projev rizika	K	Možná příčina rizika	Opatření k zamezení	A	Opatření k odhalení	E	RPZ	V/T
Funkce/úloha: Průjezd zatáčkou č.1										
Převrácení dempru	10	Nízká stabilita dempru při průjezdu zatáčkou plánovanou rychlostí		Návrh nedostatečného poloměru zakřivení zatáčky	Fáze opatření - vývoj: 22.12.2013					
					Realizace příčného úklonu vozovky v celém rozsahu zatáčky - kompenzace odstředivé síly	5	Testy stability dempru při průjezdu zatáčkou ve fázi projektu (plánováno monitorování 100 průjezdů x všechny nasazené modely demprů v letním i zimním provozu)	2	100	x
					Zvětšení poloměru zakřivení zatáčky	3		2	60	bude realizováno

(Zdroj: [4])

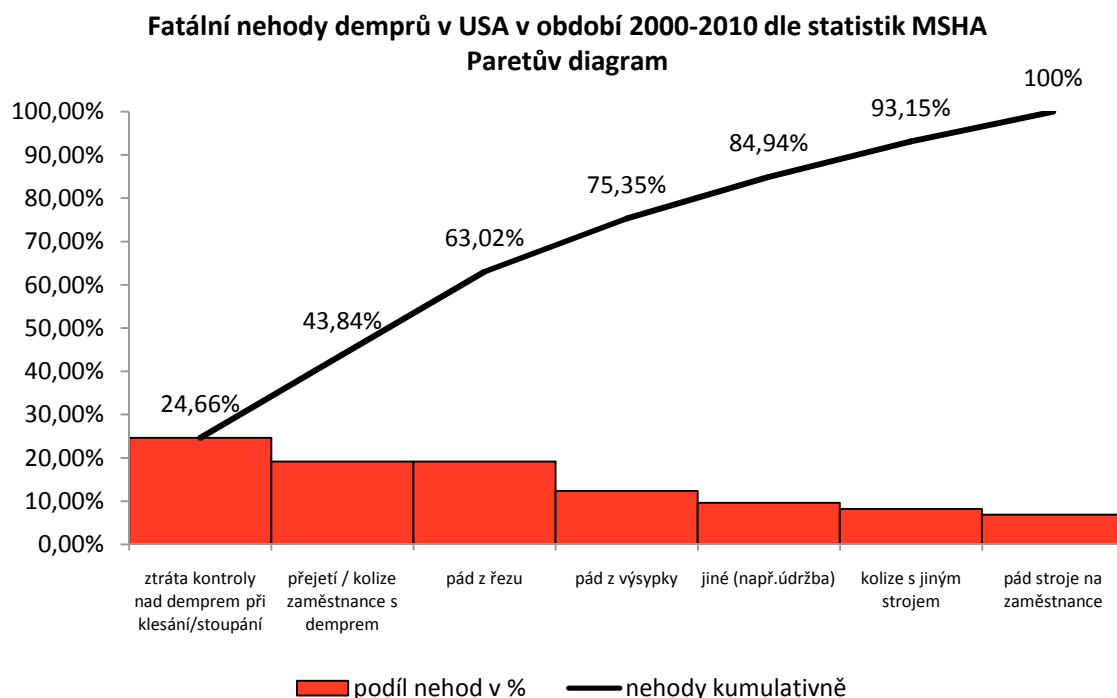
3. Využití procesní FMEA k analýze bezpečnostních rizik v kolové dopravě

Doprava je neodmyslitelnou součástí každého průmyslového odvětví. V procesu těžby nerostných surovin slouží primárně k přemísťování těžných hmot z místa jejich rozpojení na výsypky nebo k dalšímu zpracování. Především podle životnosti ložiska, objemu plánované těžby a báňsko-geologických podmínek se ve fázi projekce nového lomu rozhoduje o nejvhodnější dopravní technologii, která bude použita. V těžebním průmyslu se dopravní technologie rozdělují na cyklické a kontinuální. Typickým představitelem cyklické technologie, často nazývané diskontinuální, je kolová doprava. Ta je v České republice reprezentována klasickými nákladními automobily nebo stále častěji velkorozměrovými automobily s výklopnou korbou, takzvanými dempry. Ty se již dlouhodobě používají na velkolomech všech hornicky významných zemích jako hlavní dopravní technologie s výhodami velké přepravní kapacity a ponechanou vysokou variabilitou charakteristickou pro kolovou dopravu. V oblasti analýzy rizik je nutné si uvědomit rozdílné parametry demprů oproti klasickým nákladním vozidlům, především jejich hmotnost a rozměry.

3.1. Nehodovost v kolové dopravě při povrchové těžbě

Ať již je rozhodnuto o té či jiné dopravní technologii, která bude v procesu těžby nasazena, je důležité ji v konkrétních podmínkách analyzovat z hlediska bezpečnosti. Je nutné si uvědomit, že nasazení kolové dopravy, zejména demprů, s sebou přináší charakteristická rizika, která je nutno ve fázi projekce lomu přesně definovat. Z historie nehodovosti na amerických a australských lomech je patrný vysoký podíl nehod spojený s nasazením demprů. MSHA zaevidovala v období 2000-2010 celkem 73 fatálních nehod, které byly způsobeny ve spojitosti s dempry. Z celkového počtu 366 smrtelných nehod na povrchu, které se staly ve stejném období, se jedná o 20% podíl. Rozdělením celkového počtu smrtelných nehod dle strojů, které nehodu způsobily, lze zjistit, že kolová doprava je druhou nejčastější příčinou úmrtí při hornické činnosti v USA. Pomocí rozdělení těchto nehod dle typu a zanesením do Pareto diagramu lze definovat jejich nejčastější příčiny. Ty jsou uvedeny v grafu 1.

Graf 1 – Příklad analýzy příčin smrtelných nehod



(Zdroj: [6])

Zásadní podíl na nehodách způsobených obecně dopravními prostředky a zařízeními potvrzuje i statistika nehod na uhelných povrchových dolech v Austrálii. Z celkového počtu nehod 3271 v období 2007 – 2012 bylo 666 způsobeno právě dopravními prostředky a zařízeními. Jedná se tedy opět o podíl přibližně 20% [7]. Z uvedených statistik je vysoký význam důsledné analýzy rizik při použití kolové dopravy zřejmý.

3.2. Předpoklady pro efektivní využití FMEA

Základním předpokladem pro možnost nasazení FMEA jako preventivního nástroje při vývoji procesu je jeho znalost. Obecně je nutné vědět jaké technologie, stroje a procesy budou použity. Dále potom v jakém prostředí a s jakou intenzitou. Tento plán může být na základě zjištěných skutečností během provádění analýzy FMEA výjimečně změněn. V případě aplikace na kolovou dopravu na povrchových dolech je nutné znát:

- nakládací a dopravní technologii,

- technologii stavby dopravních cest,
- výchozí pracovní postupy,
- geologické a klimatické podmínky,
- intenzitu těžby.

Pouze na základě alespoň částečné znalosti uvedených částí lze provést identifikaci a kvalifikovaný odhad míry nebezpečí.

V předchozích kapitolách bylo řízení rizik rozděleno do dvou skupin. První z nich je vyhledávání a analýza možných rizik ve fázi projektu závodu. Druhou částí je analýza reálných nehod spojená s reaktivními akcemi a následnými preventivními opatřeními. Nasazením FMEA lze pokrýt obě uvedené části. Dále může být FMEA použita k analýze rizik ne jenom pro vyhledávání rizik v dopravě, ale napříč spektrem všech procesů v hornictví. Velkou výhodou je fakt, že mnoho odborných zaměstnanců má alespoň povědomí o existenci této metodiky. Mnoho z nich potom i praktickou znalost její provádění z předchozích zaměstnání i mimo těžební průmysl. Je tomu tak protože její tvorba je využívána v mnoha průmyslových odvětvích a je často součástí výuky na odborných školách. Například v automobilovém průmyslu je její tvorba striktně vyžadována oborovými normami a to pro vývoj procesů i samotných produktů. Tento celosvětový rozsah využívání FMEA dává při jejím nasazení těžebními společnostmi tedy navíc i výhodu v podobě úspor za specializovaná školení, času na její pochopení příslušnými zaměstnanci, její trénink a často i přesnějšího hodnocení jednotlivých rizik.

Pro samotné posouzení rizik metodou FMEA je vhodné využívat veškeré dostupné prostředky a zdroje informací. V rámci vývoje nového procesu z hlediska bezpečnosti jsou to především:

- statistiky nehod / skornehod ze stejných nebo podobných stávajících provozů,
- teoretické informace z odborné literatury,
- odhalování rizik na základě zkušeností členů FMEA týmů,
- provádění testů,
- počítačové simulace rizikových procesů.

Z uvedených možností přikládám nejvyšší význam historickým statistikám. Za dobu existence koordinovaného řízení bezpečnosti v hornictví byla zaevidována a profesionálně analyzována řada nehod. Získané informace jsou tak reálným obrazem možných událostí v budoucnosti. Věrohodnost těchto informací zajišťuje skutečnost, že jsou nejčastěji tvořeny nezávislými státními úřady. I odborná literatura je vytvářena na základě uvedených statistik. Přes uvedený význam příslušných statistik však nelze degradovat ostatní zdroje. Provádění testů či počítačových simulací je často nezbytné pro specifické podmínky budoucího provozu.

3.3. Problematika hodnocení rizik metodou FMEA

Z metodiky provádění FMEA, která je popsána v předchozí kapitole, je patrný velký význam korektního hodnocení jednotlivých rizik. Ačkoliv kolektivní hodnocení přináší výhodu ve formě ohodnocení rizika komplexně na základě odbornosti a zkušeností jednotlivých členů FMEA týmu, je vhodné vytvořit určitý systém bodování již před samotnou tvorbou FMEA. V podstatě se jedná o textový popis jednotlivých úrovní. Tento bodovací systém poskytuje jednotlivým účastníkům možnost představit si závažnost jednotlivých hodnocení v rámci stupnice 1 – 10. Praktický význam přítomnosti bodovacího systému je tedy takový, že skupina řešitelů má jednotlivé hodnoty v rámci stupnice popsané. Objektivnost FMEA je poté dána odchylkami v hodnocení pouze na základě různých úhlů pohledů, tedy dle zmíněných zkušeností a odborností jednotlivých řešitelů. Konečně stanovené hodnocení může být průměr jednotlivých obodování zaokrouhlené nahoru nebo při dostatečném počtu hodnotitelů známka nejvyšší četnosti. Pro zpřesnění ováhování se mohou z celkového hodnocení vyloučit extrémní hodnoty, tedy nejnižší a nejvyšší hodnoty hodnocení. Příklad systému bodování uvádím v příloze č.2.

Ze statistik nehod v kolové dopravě dle MSHA je také patrná úzká hranice mezi žádnou a smrtelnou nehodou. Pro FMEA tato skutečnost znamená, že význam B musí být v našem případě, tedy při vývoji bezpečnosti v kolové dopravě, hodnocena téměř vždy známkou v rozsahu 9-10. Obecnou zásadou FMEA je hodnocení významu B známkou 10 v případě, kdy se hodnotí nový nevyzkoušený proces a nejsou tak známy důsledky v případě nehody. Jednou z omezujících částí správného vyhodnocení rizika pomocí FMEA jsou některé z

výsledných kombinací jednotlivých známek. Pro příklad uvažujme následující výsledná RPZ:

- $RPZ = B \times A \times E = 10 \times 1 \times 10 = 100$
- $RPZ = B \times A \times E = 10 \times 10 \times 1 = 100$

V obou případech je výsledné riziko ohodnoceno rizikovým číslem 100. Pokud budou stanovovány priority pro provádění reaktivních akcí na základě RPZ, pravděpodobně nebudou v prvních kolech tyto případy řešeny vůbec. Pro většinu společností se jedná o přijatelné hodnoty. Pokud bude brána v úvahu i kombinace těchto hodnot, zjistíme mezi nimi velké rozdíly v důvodech rizik. V prvním případě je konečný výsledek ovlivněn nejvyšším rizikem významu a prakticky žádnou možností odhalitelnosti. V praxi se může jednat o fatální nehodu vlivem náhlého otřesu půdy v jinak klidné oblasti. V druhém případě zvyšuje výsledné riziko nejvyšší hodnota významu spolu s mírou výskytu. Riziko možné nehody je však velmi snadno odhalitelné. Je zřejmé, že obě rizika jsou nezanedbatelné. Z uvedeného důvodu není vhodné porovnávat jednotlivá rizika a určovat tak jejich prioritu pouze na základě výsledných RPZ. Vhodnou metodou může být selektivní způsob stanovování priorit např. výběrem rizik, které mají míru výskytu A vyšší než je předem stanovená hodnota. Takto můžeme podle potřeby definovat několik priorit najednou dle stanovených kritérií. Velmi dobrou pomůckou pro stanovování priorit je tvorba tzv. matice rizik, která určuje priority. Matice rizik musí být vytvořena samostatně pro každou analýzu zvlášť. Neexistuje jednotná matice vhodná pro každou FMEA. Příklad matice AB uvádím v příloze č.2. Dalším důležitým omezením je fakt, že FMEA není vhodná pro hodnocení rizik, ke kterým dochází pouze kombinací více příčin. Na tyto případy je výhodné použít metodu analýzy stromu poruchových stavů FTA.

4. Tvorba bezpečnostní FMEA pro pracovní cyklus stroje

Primární funkcí dopravy na povrchových dolech je převoz rozpojené horniny z místa těžby na místo dalšího zpracování. V případě skrývkových prací se jedná o zakládání hornin na výsypku. Užitékové nerosty potom přímo do zpracovatelských závodů. Při volbě dopravy můžeme nasadit technologie kontinuální. V tomto případě se nejčastěji jedná o dopravu hornin pomocí dopravníků. Typickým představitelem diskontinuální technologie je potom doprava kolová. Každý ze způsobů dopravy s sebou přináší typická rizika. Pokud je chceme správně identifikovat, je nutné definovat základní procesy funkce dopravy. V případě dopravy obecně se tedy jedná o nakládání, transport a vysypání hornin na místo určení. Zde nastávají odlišnosti v procesech uvedených technologií.

4.1. Nakládání hornin

Je procesem, kdy použitý těžební stroj nakládá dempr rozpojenou horninou. Již při procesu nakládání nastávají rizika, která mohou mít fatální následky. Ze zkušeností a analýzy historických nehod během nakládání hornin na korbu kolového prostředku při těžbě nerostných surovin byly stanoveny bezpečnostní zásady, které byly často zakotveny v příslušných bezpečnostních vyhláškách. V případě nakládání hornin se jedná např. o rozložení nákladu v korbě a způsob nakládání. Dempr by měl být plněn zepředu (od kabiny) směrem dozadu. Přitom nesmí být překročena celková povolená hmotnost nákladu a povolené nosnosti jednotlivých náprav. Pokud náklad obsahuje špatně skluzný materiál, potom je vhodné odstranit část naloženého materiálu z vrcholu nákladu, který by mohl nepříznivě ovlivnit stabilitní podmínky dempru při pozdějším vysypávání nákladu na výsypce. Důsledkem nepříznivé změny stabilitních podmínek je v tomto případě převrácení dempru při práci na výsypce. Toto opatření je typickým příkladem, kdy je proces vývoje bezpečnosti vnímán jako celek. Návrhy jednotlivých procesů jsou výsledkem definic a analýzy procesů souvisejících. Některé společnosti dále zakazují přítomnost řidiče dempru v kabině během nakládání. Je tak zabráněno nehodám, kdy je obsluha dempru zasažena odlétajícími kusy hornin. Toto pravidlo je však často v rozporu s logistikou a ekonomickými aspekty těžby. Z těchto důvodů vyplynul požadavek na zabezpečení obsluhy v kabině při nakládání. Výsledkem je přítomnost ochranného štítu, který je již dlouhou dobu součástí korby každého kolového prostředku určeného k dopravě

hornin při povrchové těžbě. Co se týče bezpečného způsobu nakládání hornin nakladačem na kolový dopravní prostředek, bývá zásadou, že nakladač nesmí přejíždět nad kabinou řidiče. Nákladní vozidlo tak musí být plněno zezadu či z boku.

Uvedené zásady popř. doporučení při nakládání jsou historicky známy a do případně existující analýzy FMEA jsou zakomponovány ne jako nápravná opatření ke snížení rizikových čísel procesů, ale jsou součástí definice procesů původně navrhovaných. FMEA potom přichází jako nástroj použitý za účelem snížení rizik těchto procesů. Nejčastěji se jedná o opatření k rizikům specifických pro daný provoz. Správným postupem je vhodné rozdělení procesu na jednotlivé úkony, které jsou analyzovány v konkrétním prostředí. Rozborem procesu nakládání můžeme definovat následující skupiny rizik:

- možnost kolize nakladače s demprem
- ztráta stability a následné převrácení dempru
- ohrožení řidiče dempru nekontrolovatelným pádem horniny z lopaty
- ohrožení pracovníků pohybujících se v prostoru nakládání

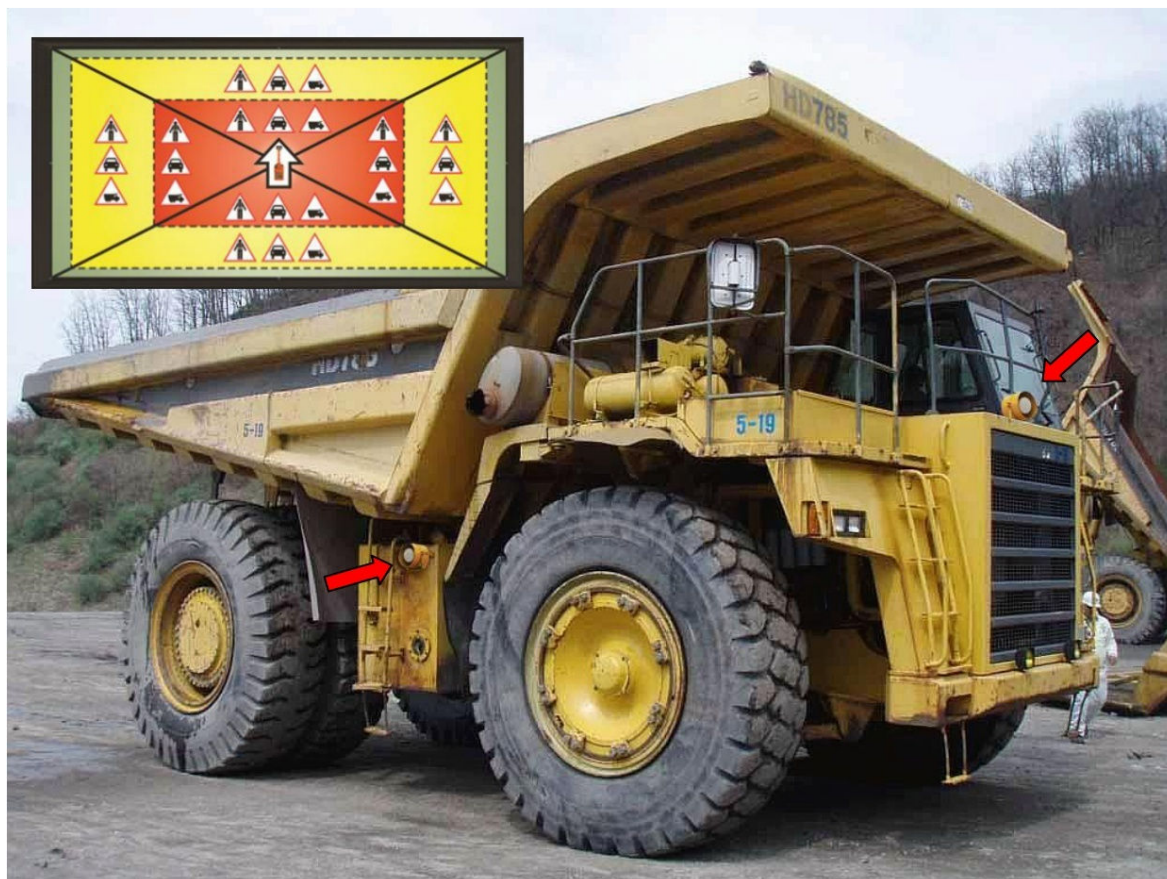
Z rozdělení na možné příčiny nehod v průběhu nakládání lze zjistit, že jejich četnost lze snížit především:

- dodržováním správně předepsaných pravidel příslušnými zaměstnanci
- vhodnou volbou komunikace mezi obsluhami strojů
- vhodnými báňsko-technickými opatřeními

Předepsaná pravidla musejí být dodržována všemi účastníky nakládání. Nejčastěji se jedná o obsluhu dempru a nakladače. V této fázi vývoje bezpečnosti dopravního cyklu je tedy vhodné, aby se členové FMEA týmu soustředili na návrhy opatření vedoucími k preventivnímu rozvoji zaměstnanců. Zvyšování povědomí zaměstnanců o rizikách spojených jak s nakládáním, tak obecně s dopravou na povrchových dolech je jedním z nejvýznamnějších aspektů úspěšného vývoje bezpečnosti. Např. americký MSHA vyvinul metodiku SLAM RISKS pro zaměstnance těžebního průmyslu, která jim má pomoci předcházet nebezpečí kladením si vhodných otázek před provedením rizikového úkonu. Metodika bude popsána v následujících kapitolách.

Dalším důležitým celkem ve vývoji bezpečnosti nakládání je volba vhodného systému komunikace mezi kooperující dvojicí nakladač-dempr. Způsob komunikace bývá

předepsán v interních směrnících jednotlivých podniků a zpravidla bývá dostatečný z hlediska zajištění bezpečnosti. Základními komunikačními a signalizačními metodami jsou použití vysílaček, semaforů, využití vizuálních a akustických prostředků těžebních a dopravních strojů. V menší míře se lze setkat s celopodnikově domluvenými gesty. Je zřejmé, že každý z uvedených způsobů je ve FMEA hodnocen jinou známkou, která je ovlivněna mírou vlivu lidského faktoru, možným selháním signalizačního prostředku např. prasklá žárovka či sníženou viditelností v místě nakládání danou klimatickými či geologickými podmínkami. S rostoucími požadavky na objem těžby se stále častěji nasazují, převážně na velkolomech, komplexní bezpečnostní systémy využívající rádiový signál k lokalizaci osob a strojů přítomných v oblasti nakládání. Tyto systémy se s výhodou nasazují v provozech, kde se pohybuje více strojů či osob. Výhodou je, že na funkčnost rádiových vln nemá vliv snížená viditelnost ani jiné klimatické podmínky. Chyba lidského faktoru je snížena na minimum stejně tak jako případné technické selhání, na které je obsluha a často i centrální dispečink systémem samotným upozorněn. V praxi funguje systém tak, že každý ze strojů popř. zaměstnanců, který se pohybuje v prostoru nakládání, má na sobě umístěn rádiový vysílač/přijímač. Obsluha strojů má potom k dispozici radar, na kterém vidí situaci kolem sebe a pohyb svého stroje tak může přizpůsobit. V případě nasazení demprů spolu s velkými lopatovými nakladači je nutné počítat s jejich rozměry. V těchto případech se stroje osazují několika těmito vysílači/přijímači. Systém je patrný z obrázku č.1.



Obrázek 1 - Použití radarového systému k vyhodnocení okolního provozu

(Zdroj: <http://www.senspain.com/descargas>)

Příkladem vývoje bezpečnosti procesu pomocí metodiky FMEA v oblasti nastavování báňsko-technických podmínek může být úvaha o ztrátě stability dempru při nakládání, se kterou je často spojené jeho převrácení či pád ze svahu. Zde můžeme definovat několik možných příčin. Jednou z nich může být nedostatečná šířka pracovní plošiny těžebního řezu v místě, ve kterém se nakládání hornin uskutečňuje. Šířka plošiny potom ovlivní nakládací polohu dempru, která se může nacházet příliš blízko hlavy nižšího řezu. V případě nepříznivých geomechanických vlastností hornin či dlouhodobých srážek zde může dojít, často za spolupůsobení statistického tlaku daného tíhou dempru a dynamického tlaku na podložku plošiny vlivem samotného nakládání, ke skluzu hornin a tím k pádu dempru ze svahu. Riziko převrácení dempru vzniká nejen skluzem částí horninového masivu, ale také možným zabořením dempru do podložních hornin vlivem překročení maximálního měrného tlaku.

4.2. Doprava hornin

Doprava hornin je druhou fází dopravního cyklu dempru. Jedná se o fázi s nejvíce možnými příčinami vzniku nebezpečných událostí. Ty jsou dány často složitými geologickými podmínkami dobývání, hloubkou uložení ložiska či klimatem v oblasti těžby. V období projekce dopravních cest z hlediska bezpečnosti je nezbytné tuto skutečnost brát v úvahu. Na druhou stranu je cílem každé těžební organizace začít s těžbou co nejrychleji a stavět co nejkratší dopravní cesty vzhledem k vysoké ekonomické náročnosti. Použití určité metodiky při plánování nezbytných avšak bezpečných dopravních tras je tedy na místě. V případě použití metody FMEA je vhodné, jak již bylo napsáno, stanovit maximální přípustné kritické číslo RPZ, které nesmí být překročeno. Často je tímto číslem hodnota 100, tedy nejvíce 10% z maximálního nebezpečí. Toto hodnocení může být později, v době těžby, dále snižováno na základě praktických zkušeností a dalšími vhodnými opatřeními. Původní hodnocení rizika může být však také dodatečně zvětšeno.

V případě bezpečnostních rizik při dopravě hornin na lomových komunikacích lze z historických dat definovat nejčastěji následující rizika:

- vyjetí z cesty s následnou kolizí či pádem ze svahu
- kolize vlivem snížené viditelnosti – především u velkorozměrových demprů

Pokud lze očekávat mnoho příčin, které mohou vést ke konkrétnímu riziku na konkrétním místě, je vhodné použít spolu s FMEA také metodu analýzy stromu poruchových stavů FTA. Rozdílem mezi těmito metodami je ten, že FMEA hodnotí a následně navrhuje nápravné opatření pro každou příčinu stejného rizika zvlášť. Metoda FTA stanovuje možná rizika a následně odhaduje jejich četnosti pro konkrétní nebezpečnou situaci pomocí graficky přehledného rozhraní. Při vývoji bezpečnosti pomocí kombinace uvedených metod je postup následující:

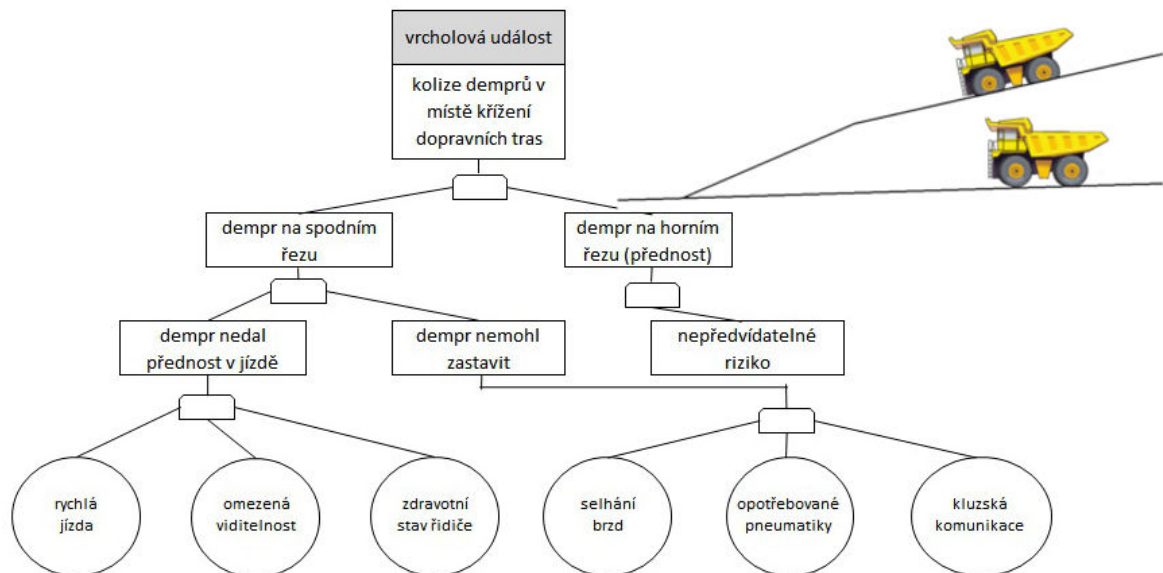
- definice rizik vedoucích k rizikové události = vytvoření stromu FTA
- odhad četností jednotlivých příčin vedoucích k rizikové události
- odhad celkové četnosti rizikové události

V případě nepřijatelné četnosti rizikové události použití FMEA k:

- určení hodnoty RPZ každé jednotlivé příčině

- dle Paretova diagramu určit nejrizikovější příčiny
- pro nejrizikovější příčiny určit nápravná opatření

Příkladem analýzy a odhadu celkové četnosti rizika pomocí metody FTA může být analýza křížení dvou dopravních komunikací na lomu dle obrázku č.2.



Obrázek 2 - Identifikace možných příčin pomocí analýzy FTA

(Zdroj: vlastní)

Nebezpečí je analyzováno v místě křížení komunikací. Rizikem je kolize vozidel v tomto místě, kde se obě cesty sbíhají do jednoho jízdního pruhu. Vycházejme ze skutečnosti, že křižovatka je neřízená s právem přednosti v jízdě dle pravidla pravé ruky. Zatím nebylo navrženo žádné bezpečnostní opatření. Na obrázku č.2 je rovněž provedena identifikace možných příčin kritické události kolize obou demprů. Standardním postupem je, jak již bylo dříve zmíněno, odhad četností jednotlivých rizik a jejich následný součet pro odhad četnosti vzniku vrcholové události. Pro tento příklad je však analýza FTA využita pouze k identifikaci jednotlivých rizik. Četnosti jednotlivých rizik budou odhadnuty ve FMEA.

Z obrázku č.2 lze stanovit tři základní zdroje nebezpečí. Jsou jimi:

- selhání techniky
- nepříznivé přírodní a klimatické podmínky
- lidský faktor

Toto rozdělení lze rozpoznat ve všech rizicích spojených s dobýváním nerostných surovin a může tak sloužit jako pomůcka při provádění analýzy FMEA. Ať se však jedná o jakýkoliv z uvedených zdrojů, závažnost kolize je nutné hodnotit jako fatální, tedy ve FMEA nejvyšší známkou 10. Pokud se v uvedeném příkladu zaměříme na technické příčiny nehody, potom zjistíme, že kolizi může způsobit selhání brzd či nadměrné opotřebení pneumatik vozidla dávajícího přednost druhému. Selhání brzd je jedno z reálných rizik, kvůli kterému se stalo již mnoho smrtelných nehod. Selhání brzd je také jednou z hlavních příčin ztráty kontroly nad vozidlem. Ztráta kontroly nad vozidlem se dle grafu 1 podílela téměř 25% na celkovém počtu fatálních nehod kolových dopravních prostředků na lomech v USA za uvedené období. Z tohoto objektivního důvodu lze četnost výskytu selhání brzd hodnotit známkou 4. Velkým problémem je i odhalitelnost, neboť selhání brzdového systému nelze predikovat. Nejčastěji se jedná o náhlou únavu materiálů jednotlivých komponentů, které vyústí v nefunkčnost brzd. Ze sledovaných parametrů vyplívá výsledné kritické číslo RPZ s hodnotou 320. Tento výsledek je nepřijatelný a proto musí být navržena a následně přijata vhodná nápravná opatření. Odhalit selhání brzdového systému prakticky nelze. Je však možné odhalit náznaky budoucího selhání pravidelnou kontrolou. Pokud bude kontrola prováděna pravidelně po každé směně, lze snížit známku z původních 8 na 3. Toto nové hodnocení odpovídá vysoké pravděpodobnosti odhalení dle stanoveného systému hodnocení. Zlepšením odhalitelnosti snižujeme i míru celkového rizika, tedy rizikové číslo RPZ s hodnotou 120. Tato hodnota může být pro řadu podniků přijatelná bez potřeby dalších opatření. Pokud je maximální přípustné RPZ podnikem stanoveno na 100, musí být ve fázi vývoje bezpečnosti proveden další zásah. V oblasti snižování míry četnosti rizika může být navrženo nasazení demprů s jinou, spolehlivější technologií brzdového systému. Spolehlivost může být posuzována z historických statistik či předpokládána na základě dobré znalosti současných technologií. Při správné volbě demprů může být tedy výrazně sníženo i RPZ pro případ selhání brzd. Ve vzorové FMEA dosáhlo kritické číslo hodnoty 50. Při rozhodování o dalších nápravných akcích je nezbytné brát v úvahu, zda-li další zásah ke snížení RPZ bude natolik efektivní, aby vyvážil cenu, za kterou by byla případná bezpečnější technologie pořízena. V našem případě může být nákup demprů s bezpečnější brzdovou technologií nahrazen např. snížením rychlosti před křižovatkou nebo stavbou záchytného valu. V obou případech bude RPZ sníženo. Na druhou stranu, snižování rychlostí je pro ekonomiku podniku také nežádoucí, neboť se

zvyšuje spotřeba paliva, opotřebení pneumatik a brzd. V případě dlouhé plánované životnosti lomu se potom prvotní úspory proměňují na jmenované náklady. Z těchto důvodů je vhodné přizvat k tvorbě FMEA také plánovače ekonomického oddělení podniku. Ve vzorové FMEA bylo dále identifikováno potencionální nebezpečí kolize vlivem opotřebovaných pneumatik vozidla dávajícího přednost. Tato možná příčina kolize je typickým příkladem, jak můžeme závažné riziko pomocí FMEA podstatně snížit nenákladným zásahem v podobě pravidelné kontroly. Z původního hodnocení RPZ 400 dostáváme zvýšením odhalitelnosti přijatelnou hodnotu RPZ 50. Právě z tohoto důvodu je využití metody FMEA přínosné. Účelem provádění FMEA není navrhovat finančně nákladná řešení, ale zjistit aktuální úroveň nebezpečí definovaných rizik a v první fázi tato rizika snižovat zásahy právě v období projekce těžby, jako například:

- uvažovat definovaná rizika při konstrukci dopravních cest
 - o stanovit nejkratší dopravní cesty s ohledem na bezpečnost
 - o stanovit nezbytné bezpečnostní prvky dopravních cest
 - o na základě analýzy stanovit dopravní omezení
- vhodně stanovit plán údržby a kontrol nasazené technologie

Pokud budeme vyhledávat rizika, jejímž zdrojem jsou přírodní a klimatické podmínky, v našem příkladu můžeme definovat jedno popř. dvě nebezpečí. Kluzká komunikace je jejím typickým zástupcem. Při hodnocení jednotlivých faktorů je nezbytná znalost klimatických, ale i geologických podmínek pro dobývanou oblast. Pokud bude těžba realizována v oblasti permafrostů, potom je nutné hodnotit výskyt vysokými známkami a to v rozmezí 7 až 8. V trvale zmrzlých pásmech je nebezpečí zapříčiněné kluzkou vozovkou neustálé. V případě dobývání na našem území, tedy v mírném pásmu, je známka pro výskyt přibližně 4 až 6. Hodnocení odhalitelnosti je v tomto případě velmi nízké číslo, neboť námraza je lehce odhalitelná. Vozovka však může být kluzká i z důvodu nevhodného materiálu podloží. Potom je nutné plánovat v místě křížení cest vhodné opatření např. zpevnění vozovky. Dalším identifikovaným rizikem je snížená viditelnost. Ta může být způsobena klimatickými podmínkami nebo nedostatečným výhledem řidiče. Výhled řidiče může být omezen jednak nevhodnou konstrukcí dopravních tras v uvažovaném místě, nebo konstrukcí samotného dempru, který se plánuje použít. Hodnocení uvedených rizik s případnými opatřeními uvádím v příloze č.1.

4.2.1. Projekce báňských dopravních cest

Návrh parametrů dopravních cest ve fázi projekce lomu patří k nejdůležitějším aspektům zajištění bezpečnosti kolové dopravy vůbec. Tento fakt je patrný mimo jiné i ze vzorové FMEA v příloze č.1. Významným bezpečnostním faktorem je přizpůsobení parametrů cest tak, aby byl zajištěn bezproblémový výhled řidiče v každém okamžiku dopravního cyklu. Výhledová vzdálenost obsluhy dopravního stroje by měla být vždy minimálně stejná jako brzdná dráha stroje. Je tedy zřejmé, že volba alespoň velikostní kategorie kolového prostředku musí být učiněna ještě před samotným návrhem dopravních cest. U dopravních cest musí být navrženo vhodné stoupání, které nesmí být překročeno. Ideální stoupání je nejvýše 9%, v příslušných legislativách hornických států často najdeme nejvyšší dovolené stoupání 15% [3]. Některé země nejvyšší přípustnou hodnotu nestanovují. Požadují však zajištění bezpečných podmínek pro dopravu. Při vývoji bezpečnosti dopravních cest ve fázi projekce lomu je vhodné brát v úvahu skutečnost, že kratší cesty s vyšším stoupáním jsou nevhodné nejen z hlediska bezpečnosti, ale jsou také nevýhodné z hlediska ekonomického. Zvyšování bezpečnosti lze provádět také vhodným zarovnáním dopravních cest. Zarovnání cest ve směru vertikálním se provádí také na základě výpočtu brzdné dráhy kolových vozidel a to tak, aby byly schopni při míjení se na vrcholu dopravní trasy bezpečně zastavit. Volba horizontálního zarovnání je spjatá s odstraňováním překážek v zatáčkách tak, aby byla dodržena bezpečná brzdná dráha řidiče v případě nebezpečí. Zakřivení zatáček se volí dle stabilitních podmínek podložky a v případě větších zakřivení i úklon vozovky k eliminaci odstředivé síly. Šířka vozovky je volena dle počtu jízdních pruhů. Osvědčenou praxí je volba šířky jednoproudé vozovky jako součet rozchodu kol nejširšího použitého dopravního prostředku a šířky přesahů z obou stran. K této šířce je nutné připočítat bezpečnostní vzdálenost také z obou stran. Bezpečnostní šířka je stanovována na základě geomechanických vlastností hornin v dané oblasti s ohledem na změny těchto vlastností vlivem klimatických podmínek. Často se jedná o poloviční vzdálenost než je celková šířka nejširšího vozidla. Další důležitou částí v oblasti bezpečnosti dopravních tras je podložka vozovky. Kvalitní cesta z hlediska únosnosti je dána vhodným složením příčného profilu silnice. Tento profil se stanovuje na základě zkoušky únosnosti zemin. Zde je nutné si uvědomit velké rozdíly v požadavcích na únosnost trasy pro klasické nákladní automobily a dempry, které jsou často mnohonásobně těžké. Horní vrstva příčného složení vozovky je volena z hlediska přilnavosti pneumatik k povrchu. Posledním

hlavním parametrem je příčné uklonění vozovky. To je nezbytné vzhledem k nutnosti pravidelného odvodňování vozovky. To by mělo být přibližně 3cm/m.

4.2.2. Báňské bezpečnostní stavby

Jednou z definovaných příčin nehody ve vzorové FMEA v příloze č.1 je selhání brzd. Ty mohou selhat ne jenom v uvedeném příkladě, ale kdekoliv na dopravní cestě, nejčastěji při sjezdu její svážných částí. Pokud je celkové riziko ve FMEA i po naplánování všech vhodných opatření stále vysoké, je vhodné zvážit vybudování některé z bezpečnostních staveb. Jedním ze zajímavých řešení, které bylo vyvinuto na australských velkolomech, je stavba středového záchytného valu. Tento val se umísťuje na úpatí svahů dopravních cest s vyšším klesáním pro případ, že potřebný brzdný účinek nebude dostatečný nebo dojde právě k selhání brzd. Potom má řidič možnost na takový val najet a zastavit či významně zpomalit tak své vozidlo. Tato stavba se skládá z nájezdové rampy, hlavy a závěrného úhlu a její rozměrové parametry se navrhuje dle parametrů největšího použitého vozidla v plánované lokalitě. Tento prvek bezpečnosti je z hlediska hodnocení metodou FMEA zajímavý tím, že může být sníženo hodnocení významu rizika. Přitom význam rizika je jinak nejhůře ovlivnitelným faktorem při vývoji bezpečnosti. Dalšími bezpečnostními stavbami běžně používanými na dopravních cestách povrchových dolů jsou boční záchytné valy a únikové cesty. Boční valy jsou budovány paralelně s dopravní trasou a mají za úkol především upozornit či zpomalit řidiče při vybočení z trasy. Zastavovací účinek tyto valy vzhledem ke svým běžným rozměrům nemají. Další z běžných opatření pro riziko selhání brzd je stavba únikových cest. Tyto stavby jsou však velmi finančně náročné vzhledem k jejím potřebným rozměrům a dále mají ze stejného důvodu omezené použití.

4.2.3. Rozvoj zaměstnanců v oblasti bezpečnosti

Rozvoj zaměstnanců v oblasti bezpečnosti je u vyspělých společností považován za nejvýznamnější faktor ovlivňující výsledky bezpečnosti. Řidiči dopravních kolových prostředků jakož i ostatní zaměstnanci těžebního průmyslu jsou kromě školení za účelem získání potřebné kvalifikace také pravidelně školeni v oblasti bezpečnosti. A to minimálně v rozsahu dané legislativou. Cílem vyspělých společností jsou však jen ti zaměstnanci, kteří přijímají bezpečné chování jako běžnou součást svojí práce. Pokud je vyvíjena

bezpečnost pomocí některé z metodik, která je založená na hodnocení rizik, je nezbytné brát lidský faktor jako omezující. V případě FMEA by se tato zásada měla projevit v podobě vyšších rizikových čísel. Vhodné je rozdělit vliv lidského faktoru na dvě části a to:

- rizika vzniklá porušením bezpečnosti práce (např. rychlá jízda)
- rizika vzniklá neúmyslně (např. zdravotní stav řidiče)

Ve vzorové FMEA jsou identifikovány obě možnosti. Riziko nedodržení rychlosti je nutné hodnotit nejen vysokou známkou závažnosti možné vrcholové události, ale také alespoň středně vysokým výskytem. V tomto případě je vhodné naplánovat realizaci opatření typu Poka-Yoke, které řidiči nedovolí jet rychleji než stanovenou nejvyšší dovolenou rychlostí. Tímto opatřením může být záznam rychlosti vozidla, na základě kterého bude řidič později sankcionován. V lepším případě může být do vozidla instalován automatický omezovač rychlosti. Díky jeho plánované přítomnosti se mohou výskyt a odhalitelnost dostat na minimální hodnoty. Zdravotní stav řidiče mohou do omezené míry ovlivnit povinné pravidelné zdravotní prohlídky. Stále častěji lze ve společnostech využívat tzv. sick-day, kdy může zaměstnanec na vlastní žádost a bez postihu nenastoupit v daný den do zaměstnání. V současné době je tato skutečnost vnímána jako nadstandardní benefit poskytovaný zatím několika málo zaměstnavateli. Z hlediska bezpečnosti však může být právě přítomnost této výhody jedním z opatření ke snížení výskytu rizika zapříčiněnou zdravotním stavem. Tímto opatřením se FMEA dostává také do plánování v rámci oddělení lidských zdrojů.

Zajímavým příkladem zvyšování úrovně bezpečnosti s vlivem lidského faktoru je metodika SLAM RISKS vyvinutá MSHA v podobě souboru pomocných otázek zaměstnanců v hornictví před tím, než vykonají v rámci své pracovní činnosti úkon, který může být nebezpečný pro ně či jejich okolí. Část SLAM je anglická zkratka pro slova zastav, podívej se, vyhodnoť a bezpečně proved'. Význam slov je zřejmý. Nabádá tak zaměstnance k neustálému vyhledávání a vyhodnocování možných rizik jeho práce. Především potom v případě nových procedur nebo změn ve stávajícím procesu. Pokud je tento metodický nástroj zaměstnancem přijat, může se jednat o jedno z opatření podniku pro lepší bezpečnost svých zaměstnanců.

4.3. Práce na výsypce

Poslední fází klasického dopravního cyklu dempru je vyprázdnění korby na výsypce. Při této činnosti bylo historickými zkušenostmi identifikováno několik typických rizik, kterým je nutno předcházet vhodnými opatřeními. Nejčastějším z nich je pád stroje z výsypky vlivem:

- přejetí hrany výsypky a následný pád dopravního prostředku
- převážením dopravního prostředku při vysypávání hornin
 - o nevhodné rozložení nákladu
 - o přetížení vozidla při nakládání
- pád dopravního prostředku vlivem skluzu hornin na hraně výsypky

Pád z výsypky může být dle grafu 1 čtvrtou nejčastější příčinou smrtelných nehod při použití kolové dopravy. MSHA stanovila řadu pravidel pro práci na výsypce, které zakotvila do platné legislativy. Mezi tato pravidla patří např. povinnost řidiče dempru najíždět k hraně výsypky kolmo vzhledem k podélné ose vozidla. Dovolenu alternativou je nájezd k hraně výsypky pod úhlem tak, aby se levé zadní kolo dostalo k hraně dříve. Je tomu tak protože levé zadní kolo je řidičem viditelné po celou dobu couvání. Dalším opatřením je pravidelné zhutňování oblasti kolem hrany svahu a odvodnění této oblasti stavbou vršku výsypky pod vhodným úhlem. Uvedená opatření by měla být podle mého názoru aplikována do FMEA již pro výpočet výchozích hodnot rizikových čísel. Ačkoliv na území České Republiky nejsou všechna uvedená pravidla povinná, jedná se o technologicky i ekonomicky nenáročná, avšak významné aspekty ovlivňující bezpečnost. Měly by být tedy minimálně součástí závazných vnitropodnikových bezpečnostních předpisů. Příklady vhodných bezpečnostních pravidel k implementaci do FMEA jako výchozí zabezpečení práce na výsypce jsou znázorněny v příloze č.5. Součástí přílohy je i rozdílný odhad četnosti A rizika převrácení.

5. Zhodnocení účinnosti použité metodiky

V této práci byla metoda FMEA použita za účelem zvýšení bezpečnosti na smyšlené křižovatce dopravní cesty lomu. Jedná se o velmi jednoduchý příklad. Ve skutečnosti mohou být pro FMEA identifikovány stovky i tisíce možných rizik a jejich příčin, které musejí být podrobeny hodnocení. Tvorbu FMEA je možné rozdělit do 5-ti základních kroků, kterými jsou:

- analýza struktury,
- analýza funkcí,
- analýza chybných funkcí,
- analýza opatření,
- optimalizace. [4]

5.1. Časová a ekonomická náročnost FMEA

Před samotným hodnocením účinnosti FMEA je nutné si uvědomit, že rozhodnutí použití ať už jakékoliv metodiky pomocné při vývoji bezpečnosti představuje pro společnost investici. Je nutno počítat s časovými a s tím souvisejícími finančními náklady, které budou společnosti vráceny pouze v případě plného pochopení metody a aplikace správných postupů při jejím provádění. Pro vyčíslení nákladů na investici do FMEA existují relativně přesné matematické vztahy. Ty mohou být podkladem pro rozhodnutí použití. Celková cena analýzy pomocí FMEA se skládá z následujících nákladů:

- náklady na externího poradce v případě, že společnost zavádí FMEA poprvé nebo využitím specializovaného odborníka očekává efektivní výsledky,
- náklady na ostatní členy FMEA týmu,
- případné náklady na ověření účinnosti navržených nápravných opatření.

Dle mého názoru jsou však mnohem více omezující nároky na čas, který je potřeba pro provedení účinné FMEA. Zde je nutno počítat s:

- dobou přípravy podkladů
 - o hodnotící tabulky, matice rizik, stanovení přípustného RPZ
- dobou samotného provádění FMEA

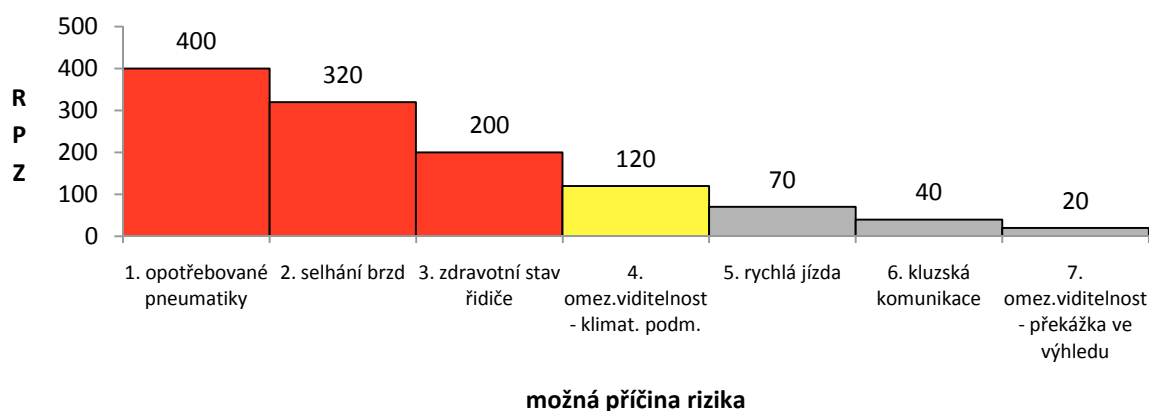
Ve fázi vývoje procesu je nutné termínovat úkoly vyplývající z FMEA s ohledem na časový plán celého projektového řízení. Dále je nutné počítat s relativně vysokou organizační náročností této metody. V některých průmyslových oborech bývá FMEA vyžadována zákazníkem. Přesněji normou, jejíž plnění zákazník vyžaduje.

5.2. Zhodnocení přípravy a postupu provádění FMEA

Pro aplikaci metody FMEA na vzorovém příkladu bylo nutné vytvořit 3 tabulky a 1 formulář typický pro šablonu FMEA. Nejprve jsem identifikoval možné riziko. Riziku, v našem případě nehodě 2 vozidel na křižovatce, jsem ohodnotil jeho význam známkou 10 vzhledem k možným fatálním následkům dle hodnotící tabulky. Dále jsem s pomocí metodiky FTA identifikoval možné projevy a příčiny vedoucí k této nehodě. Ty jsem zanesl do formuláře FMEA. Možné projevy a příčiny rizik jsem v rámci ukázkového příkladu identifikoval sám. Metodicky je tato skutečnost pro FMEA nepřípustná. Příčinám jsem odhadl četnosti opět dle připravené hodnotící tabulky. Následoval popis stávajících opatření. Ve většině případů nebyla stávající opatření žádná vzhledem k tomu, že se jedná o analýzu procesu ve fázi vývoje. Časté je, že se v rámci stávajících opatření nové FMEA počítá s legislativními požadavky. Příčiny byly poté ohodnoceny na míru odhalitelnosti. Provedl jsem výpočet rizikových čísel RPZ, které jsou součinem uvedených parametrů.

Pro náš příklad jsem stanovil přijatelné riziko odpovídající nejvýše hodnotě RPZ 125. Tomuto kritériu neodpovídají 3 příčiny. K těmto jsem definoval nápravná opatření.

Graf 2 – Původní závažnost identifikovaných rizik dle kritického čísla RPZ



(Zdroj: vlastní)

Za výhody použití FMEA v této části považují:

- přehledná identifikace rizik, jejich příčin a následků – zvláště v kombinaci s metodou FTA,
- možnost odhalit a eliminovat velké množství rizik – FMEA dokáže odhalit 70-90% rizik,
- možné zvýšení objektivity výsledků vlivem skupinového hodnocení.

Uvedené výhody přináší FMEA v případě, že jsou dodržena všechna pravidla správného provádění. Za nevýhody považují:

- v případě nedodržení správné metodiky FMEA chybná identifikace závažnosti rizik – může vést k fatálním nehodám
- časovou náročnost identifikace rizik, jejich příčin a následků,
- členové FMEA skupiny mají tendenci zlehčovat rizika za účelem dosažení požadovaného RPZ – omezení dané lidským faktorem,
- ve fázi vývoje nutnost synchronizovat s ostatními částmi projektu.

5.3. Definice a účinnost nápravných opatření

Úroveň bezpečnosti procesu je FMEA analýzou daná výslednými hodnotami rizikových čísel RPZ. Jak již bylo uvedeno dříve, pro náš případ je rozhraním mezi přijatelným a nepřijatelným rizikem hodnota $RPZ = 125$. Tato hodnota přibližně odpovídá standardnímu nastavení hranice RPZ v mnoha společnostech. Rozhraní $RPZ = 125$ je tedy pro náš příklad kritériem při rozhodování o provedení nápravných opatření, tedy jestliže:

- $B \times A \times E < RPZ\ 125$ – nejméně v 1.fázi nejsou prováděna nápravná opatření
- $B \times A \times E > RPZ\ 125$ – nutno provést nápravná opatření

V našem příkladě byla identifikována 3 nebezpečí ze 7 definovaných, které jsou dle uvedených podmínek potřeba řešit v rámci provádění nápravných opatření již v 1.kole. Omezená viditelnost vlivem klimatických podmínek je na hranici. Jak již bylo dříve v textu uvedeno, po provedení nápravných opatření se změní i žebříček v Pareto diagramu, tedy priority pro provádění dalších kol nápravných opatření. Je nutné připomenout potřebu určení priorit v případě výskytu nebezpečných kombinací popsaných v kapitole 3.3.

V našem vzorovém příkladu byla nápravná opatření provedena ve dvou kolech. Pro číselné zhodnocení jejich účinnosti je vhodné procentuálně porovnat poměr součtu všech RPZ ve všech kolech nápravných opatření. V našem případě můžeme účinnost vypočítat následovně.

- původní míra rizika nehody (bez nápravných opatření)
 - výsledné riziko $V_0 = \Sigma RPZ_0 = 1170$
- míra rizika nehody po 1.kole nápravných opatření
 - výsledné riziko $V_1 = \Sigma RPZ_1 = 590$
- míra rizika nehody po 2.kole nápravných opatření
 - výsledné riziko $V_2 = \Sigma RPZ_2 = 520$

Pokud porovnáme poměr V_0 před provedením 1.kola nápravných opatření s V_2 zjistíme, že jsme:

- **pomocí metodiky FMEA snížili riziko nehody demprů na křižovatce dopravních cest lomu přibližně o 55,6% ve fázi vývoje bezpečnosti procesu.**

Při dalších kolech provádění nápravných opatření, která mohou regulovat i velmi nízká RPZ ve fázi projektové či výrobní, lze potenciálně dosáhnout dalšího snížení tohoto konkrétního rizika o dalších přibližně 15-35% a dosáhnout tak vysoké teoretické eliminace rizik pomocí FMEA, která je 70-90%. Podle filozofie Demingova uzavřeného cyklu lze postup neustálého snižování rizik popsat vztahem:

- $V_0 > V_1 > V_2 > \dots V_n$,

kde hodnota V_n je hodnota, která je z hlediska míry rizika skutečně zanedbatelná, nebo alespoň přijatelná a dalšími opatřeními by docházelo k neopodstatněným a zpravidla neúměrně vysokým nákladům z hlediska ekonomiky.

6. Závěr

Nastavování bezpečnosti provozu plánovaného báňského provozu je dle mého názoru vůbec nejdůležitější fází projektu. V případě zásahu do zemské kůry musí být vhodně řešeno odvodnění, prašnost, možné důsledky těžby v závalových polích a podobně. Řešením pro tyto oblasti nebezpečí je správná definice procesů a postupů, které budou při těžbě použity. Ty musejí být definovány na základě použité dobývací technologie, technologického vybavení či další mechanizace pro daný provoz. Pokud budeme brát v úvahu celosvětově rostoucí poptávku po surovinových zdrojích, je zřejmá tendence těžit tyto zdroje co nejrychleji a z hlediska ekonomického s co nejmenšími náklady. Tento fakt může v mnoha společnostech ovlivnit úroveň nastavené bezpečnosti převážně potom ve fázi vývoje. Zanedbání této části vede později k mnoha nehodám, často i smrtelným. Společnosti, které si tyto souvislosti uvědomují, hledají způsoby, jak dobré úrovně bezpečnosti dosáhnout. Stále častěji na své procesy aplikují specializované analytické metody, které byly definovány a některé z nich jsou dále vyvíjeny v posledních desetiletích. Tyto metody mají za úkol analyzovat bezpečnost v konkrétním provozu s výhodou předem domluvených pravidel. Jejich výhodou je i snaha o globální standardizaci v podobě implementace do převážně oborových norem. Podle mého názoru je tento metodický přístup při vývoji bezpečnosti jakéhokoliv procesu velmi významným pokrokem v oblasti BOZP. Jednou z těchto metod je i FMEA, na jejíž možnost provádění v konkrétní oblasti je zaměřená tato práce.

Myslím si, že FMEA je vhodným nástrojem pro provádění vývoje bezpečnosti procesů přinejmenším na úrovni podobných, ačkoliv více zaměřených metod v oblasti řízení rizik. S výhodou jednoduchosti a širokého povědomí o této metodice převážně z výrobních podniků. Z dostupných zdrojů, které jsem během této práce prostudoval je patrné pouze malé využití této metody v uvedené oblasti. Její použití v rámci hornické bezpečnosti bylo zatím omezeno pouze na velké báňské projekty. Ani v nich však většinou nehrála hlavní úlohu. Dle mého názoru tak není využit její potenciál, který v problematice analýzy bezpečnosti bezesporu má.

Použitá literatura

- [1] VANĚK, A.: *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. 1.vyd. Praha: Akademie věd České republiky, 2003, 526 s., ISBN 80-208-1045-9.
- [2] GONDEK, Horst; ŠEVČÍK, Arnošt: *Těžební a zpracovatelské stroje I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006, 128s.: il. ISBN 80-248-1040-9 (brož.).
- [3] W. KAUFMAN, Walter; C. AULT, James: *Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual*. U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, Information Circular 8758, 1977. 50 s.:il.
- [4] SVAZ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU e.V.: *VDA 4 - Management kvality v automobilovém průmyslu. Zajištění kvality v oblasti procesů – analýzy rizik*. 2.vyd. Frankfurt/Main: Česká společnost pro jakost, 2006, 125s.: il.

Seznam internetových odkazů

- [5] Vědeckovýzkumný uhelný ústav <http://www.vvuu.cz/es/node/389>
- [6] MSHA <http://www.msha.gov/fatals/fab.htm#Uy10JfIL-So>
- [7] Queensland Government - Department of Natural Resources and Mines
<http://mines.industry.qld.gov.au/assets/mines-and-quarries-safety-stats/COC-HPI-hazard.pdf>

Seznam obrázků

Obrázek 3 - Použití radarového systému k vyhodnocení okolního provozu.....18

Obrázek 4 - Identifikace možných příčin pomocí analýzy FTA.....20

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Příklad formuláře pro FMEA.....9

Seznam grafů

Graf 1 – Příklad analýzy příčin smrtelných nehod.....11

Graf 2 – Původní závažnost identifikovaných rizik dle kritického čísla RPZ.....28

Seznam příloh

Příloha č.1: Vzorová FMEA – vývoj bezpečnosti procesu

Příloha č.2: Hodnocení faktorů BAE, matice rizik

Příloha č.3: Stanovení priorit opatření dle hodnoty RPZ

Příloha č.4: Formulář FMEA

Příloha č.5: Příklady definovaných pravidla bezpečné práce na výsypce